



21 Aktenzeichen: 198 53 103.6  
22 Anmeldetag: 18. 11. 1998  
43 Offenlegungstag: 25. 5. 2000

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

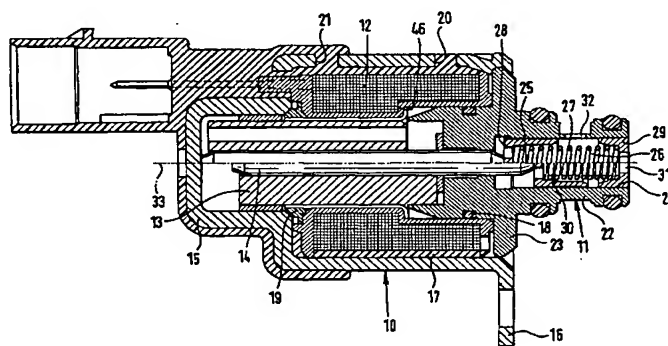
72 Erfinder:  
Krimmer, Erwin, 73655 Plüderhausen, DE;  
Haeberer, Rainer, Dr., 75015 Bretten, DE; Clauss,  
Helmut, 71735 Eberdingen, DE; Miehle, Tilman,  
71394 Kernen, DE; Landhäußer, Felix, 73249  
Wernau, DE; Rueckle, Markus, 70567 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Kraftstoffeinspritzsystem für Brennkraftmaschinen

57 Ein Kraftstoffeinspritzsystem für Brennkraftmaschinen besitzt ein Verteilerrohr und eine motordrehzahlabhängig angetriebene Hochdruckpumpe, die zur Erzeugung des beim jeweiligen Betriebszustand der Brennkraftmaschine im Verteilerrohr benötigten Kraftstoffdrucks und -durchsatzes dient, sowie ferner eine der Hochdruckpumpe zugeordnete Kraftstoffzumeßeinheit, die auf einem elektromagnetisch betätigten Regelventil (11) basiert. Die Kraftstoffzumeßeinheit (10, 11) ist in der Hochdruckpumpe angeordnet, und der Ausgang (32, 34, 35) des Regelventils (11) mündet in den Niederdruckbereich der Hochdruckpumpe.

Die vorgenannten Merkmale ermöglichen eine Kraftstoffzumeßeinheit (10, 11), die in der Lage ist, der Hochdruckpumpe des CR-Systems die im jeweiligen Betriebszustand der Brennkraftmaschine gewünschte Kraftstoffmenge exakt zuzumessen.



## Stand der Technik

Die Erfindung bezieht sich auf ein Kraftstoffeinspritzsystem für Brennkraftmaschinen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Zum allgemeinen Stand der Technik auf diesem Gebiet werden – beispielsweise – die EP 0 299 337 und die DE 195 49 108.4 genannt.

Speziell geht die Erfindung aus von einem sogenannten Common Rail System (CR-System). Die Besonderheit bei derartigen CR-Systemen besteht darin, daß die benötigte Kraftstoffmenge durch eine Hochdruckpumpe auf einen veränderlichen vom jeweiligen Betriebszustand der Brennkraftmaschine abhängigen Druck gebracht werden muß. Hierbei wird die Hochdruckpumpe motordrehzahlabhängig angetrieben, was z. B. durch Nockenwellenantrieb geschehen kann. Die mögliche Fördermenge der Hochdruckpumpe ist so ausgelegt, daß in jedem Betriebszustand eine Übermenge an Kraftstoff, d. h. mehr als das Rail zum gewünschten Druckaufbau benötigt, gefördert werden kann.

Es ist bekannt, den Kraftstoff dem Rail anhand eines Druckregelventils zuzumessen, welches im Hochdruckbereich hinter der Hochdruckpumpe angeordnet ist. Durch dieses Druckregelventil wird der hochgespannte Kraftstoffstrom geteilt, und zwar einmal in Richtung Rail, zur Drucksteigerung/-erhaltung, und zum anderen in Richtung Kraftstofftank. Bei letzterem Teilstrom handelt es sich um die Überströmmenge, die gleichzeitig einen entsprechenden Wirkungsgradverlust bedeutet.

Beim derzeitigen Stand der Technik in CR-Systemen wird also durch das Druckregelventil hochgespannter Kraftstoff abgesteuert. Dies führt zu hohen Kraftstofftemperaturen und schlechtem Wirkungsgrad. Des weiteren führt die starke Kraftstoff-Temperaturspanne im Betrieb mit Druckregelventil, bedingt durch die temperaturabhängige Dichte, zu streuenden Einspritzmengen, die nur teilweise über eine Temperaturkompensation mittels Temperatursensor ausgeglichen werden können.

## Vorteile der Erfindung

Durch die aus dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 entnehmbare erfindungsgemäße Lösung wird für ein gattungsmäßiges CR-System eine Kraftstoffzumeßeinheit geschaffen, die in der Lage ist, der Hochdruckpumpe des CR-Systems die im jeweiligen Betriebszustand der Brennkraftmaschine gewünschte Kraftstoffmenge exakt zuzumessen. Durch eine derartige niederdruckseitige exakte Zumessung der benötigten Kraftstoffmenge zur Hochdruckpumpe werden die beim bisherigen Stand der Technik anfallenden und unnötigerweise komprimierten Überstrommengen von vornherein vermieden. Dies führt zu einem verbesserten Wirkungsgrad und somit zu Kraftstoffeinsparungen.

Weitere Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung können den Patentansprüchen 2 bis 16 entnommen werden.

## Zeichnungen

Die Erfindung ist nun anhand von Ausführungsbeispielen in der Zeichnung veranschaulicht, die im folgenden detailliert beschrieben sind. Es zeigt:

**Fig. 1** eine Ausführungsform einer Kraftstoffzumeßeinheit, im vertikalen Längsschnitt,

**Fig. 2** eine Variante eines Regelventils der Kraftstoffzumeßeinheit nach **Fig. 1** mit drei Steueröffnungen (in Abwicklung über den Umfang dargestellt),

**Fig. 3** die Einzelheit "A" aus **Fig. 2**, in Separatdarstellung,

**Fig. 4** ein Diagramm, worin die Öffnungsfläche der Steueröffnung nach **Fig. 3** über dem Magnethub aufgetragen ist,

**Fig. 5** ein die Kennlinien des Elektromagneten und einer das Regelventil betätigenden Druckfeder enthaltendes Diagramm,

**Fig. 6** eine gegenüber **Fig. 1** etwas abgewandelte (und verkleinert dargestellte) Variante einer Kraftstoffzumeßeinheit, im vertikalen Längsschnitt,

**Fig. 7** die Einzelheit "B" (Pfeil) aus **Fig. 6**, in gegenüber **Fig. 6** vergrößerter Darstellung, und

**Fig. 8** eine Abwandlung der Einzelheit "C" aus **Fig. 7**.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele:

Die Kraftstoffzumeßeinheit nach **Fig. 1** basiert auf einem Elektromagneten **10** mit integriertem Regelventil **11**. Im einzelnen besteht der Elektromagnet **10** im wesentlichen aus einer Magnetspule **12**, einem Anker **13** mit Ankerbolzen **14** und einem Magnettopf **15**, der die Magnetspule **12** und den Anker **13** teilweise umschließt.

Die gesamte Baueinheit Elektromagnet **10** mit integriertem Regelventil **11** ist in einer (nicht dargestellten) Kraftstoff-Hochdruckpumpe angeordnet. Der Magnettopf **15** dient hierbei gleichzeitig als Abdichtelement, als magnetischer Rückschluß und als Befestigungselement (**16**) des Elektromagneten **10** in der Hochdruckpumpe.

Die Magnetspule **12** wird, nachdem sie in das Magnetgehäuse **15** eingesetzt ist, vollständig umspritzt. Durch die mit **17** bezeichnete Umspritzung ist ein optimaler Wärmeübergang von der Spule **12** an das Gehäuse **15** gewährleistet. Einer Überhitzung in kritischen Betriebszuständen kann hierdurch entgegengewirkt werden. Weiterhin führt die Umspritzung **17** zu einer guten Schwing- und Schüttelfestigkeit, wodurch eine Befestigung der Kraftstoffzumeßeinheit **10**, **11** an hochbelasteten Stellen, z. B. der Kraftstoffhochdruckpumpe, in bezug auf Schwingungen, Temperatur- und Umweltbelastungen ermöglicht wird.

Des weiteren wird durch die Umspritzung **17** der Magnetspule **12** im Zusammenwirken mit zwei Abdichtstellen **18**, **19** gewährleistet, daß die Kontaktstellen der Spule **12** zu den Steckerfahnen (nicht gezeigt) "trocken" sind. Magnetspulenwicklung und Kontaktstellen sind somit vor Angriffen korrosiver Medien optimal geschützt.

Zur Kontrolle, daß die Umspritzung **17** die Magnetspule **12** vollständig umschließt, sind am Umfang des Magnetgehäuses **15** "Überlaufbohrungen" **20**, **21** vorgesehen.

Das Regelventil **11** besitzt ein Ventilgehäuse **22**, welches in eine flanschartige Verbreiterung **23** übergeht, die zugleich den stirnseitigen Abschluß des Elektromagnetgehäuses **15** bildet. In dem Ventilgehäuse **22** ist eine Axialbohrung **24** ausgebildet, die coaxial zu dem Ankerbolzen **14** des Elektromagneten **10** angeordnet ist. Die Axialbohrung **24** nimmt einen verschieblichen hülsenförmigen Ventilkolben **25** auf, in dessen Innenraum **26** eine Druckfeder **27** angeordnet ist. Die Druckfeder **27** stützt sich vorderseitig an einem Boden **28** des Ventilkolbens **25** und rückseitig an einem in der Axialbohrung **24** des Ventilgehäuses **22** befindlichen Federteller **29** ab. Ein Absatz **30** an der Innenwandung des Ventilkolbens **25** sorgt dafür, daß die Druckfeder **27** weitgehend berührungsfrei von der Innenwandung in dem Ventilkolben **25** liegt. Außenseitig steht der Ventilkolbenboden **28** und damit der Ventilkolben **25** mit dem vorderen Ende des Ankerbolzens **14** in Anlage.

Eine Öffnung **31** verbindet den Innenraum **26** des Ventilkolbens **25** mit einer (nicht dargestellten) Vorförderpumpe des Kraftstoffeinspritzsystems. In dem Ventilgehäuse **22**

sind des weiteren mehrere radial gerichtete Steueröffnungen angeordnet (siehe hierzu auch Fig. 2 bis 4), von denen eine aus Fig. 1 ersichtlich und mit 32 beziffert ist. Die Steueröffnung 32 steht mit dem Niederdruckbereich der (nicht gezeigten) Hochdruckpumpe in hydraulischer Wirkverbindung.

Das Durchströmprinzip kann auch umgekehrt werden. Hierbei wäre dann die Öffnung 31 mit dem Niederdruckbereich der Hochdruckpumpe hydraulisch verbunden, während die Steueröffnung 32 mit der Druckseite der Vorförderpumpe verbunden wäre und somit den Zulauf in die Zumeßeinheit bilden würde.

Die obere Hälfte der Fig. 1 – oberhalb der gemeinsamen Mittelachse 33 von Ventilbohrung 24, Ventilkolben 25 und Ankerbolzen 14 – zeigt das Regelventil 11 in Öffnungsstellung, in der die Steueröffnung 32 durch den Ventilkolben 25 vollständig freigegeben ist. In der unteren Hälfte der Fig. 1 dagegen ist das Regelventil 11 in vollständiger Schließstellung dargestellt. Hierbei wirkt die Magnetkraft des bestromten Elektromagneten 10 über den Ankerbolzen 14 auf den Ventilkolben 25 und bewegt diesen entgegen dem Widerstand der Druckfeder 27 in die besagte Schließstellung des Regelventils 11. Umgekehrt vermag die Druckfeder 27 den Ventilkolben 25 in Öffnungsstellung (obere Hälfte von Fig. 1) zu verschieben, wenn die Bestromung des Elektromagneten 10 und damit dessen auf Anker 13 und Ankerbolzen 14 wirkende Magnetkraft entsprechend verringert wird. In Öffnungsstellung des Regelventils 10 strömt der dem Regelventil 11 bei 31 zugeführte Kraftstoff durch die Steueröffnung 32 in Richtung der Elemente der Hochdruckpumpe.

Wie bereits oben angedeutet, hat es sich in der Praxis als zweckmäßig erwiesen, nicht nur eine, sondern mehrere, am Umfang des Ventilgehäuses 22 verteilte, radiale Steueröffnungen vorzusehen. Fig. 2 zeigt eine Variante, bei der insgesamt drei Steueröffnungen – mit 32, 34 und 35 bezeichnet, vorgesehen sind. Wie aus Fig. 3 hervorgeht, ergeben sich durch die besondere Gestaltung der mittleren Steueröffnung 32 zwei Steuerbereiche des Regelventils 11, und zwar zum einen ein Bereich 1 mit entsprechend geringer Kraftstoffförderung und zum anderen ein Bereich 2 mit in Abhängigkeit vom Ventilkolbenhub (Magnethub) linear stark steigender Kraftstoffförderung (vgl. Fig. 4). Hierbei ist der Bereich 1 (geringe Kraftstoffförderung) dem Motorleerlauf bis zur unteren Teillast zugeordnet. Der Bereich 2 (stark ansteigende Kraftstoffförderung) entspricht dagegen der mittleren Teillast bis zur Vollast der Brennkraftmaschine. Bereich 1 zeichnet sich also dadurch aus, daß zunächst nur die Öffnungsfläche des schlitzförmigen Teils 36 der Steueröffnung 32, aufgetragen über dem Hub des Ventilkolbens 25 (bzw. des Ankerbolzens 14), eine flache Kennlinie besitzt. Diese ist in Fig. 4 mit 37 beziffert. Dadurch ist eine gute Regelbarkeit des Leerlaufs und der unteren Teillast der Brennkraftmaschine möglich. Erreicht wird dies durch die schmale, ausgerundete Gestaltung des schlitzförmigen Teils 36 der Steueröffnung 32. Hergestellt werden kann dieser schmale Schlitz 36 durch Erodieren, Stanzen oder Laserschneiden.

Bereich 2 zeichnet sich dadurch aus, daß die Öffnungsfläche – in diesem Fall aller drei beteiligter Steueröffnungen 32, 34 und 35 (Fig. 2) –, aufgetragen über dem Hub des Ventilkolbens 25 bzw. des Ankerbolzens 14, eine steile Kennlinie besitzt, vgl. Kurvenabschnitte 38, 39, 40 in Fig. 4. Dadurch ist gewährleistet, daß nach einem definierten Hub eine entsprechend große Öffnungsfläche vorhanden ist. Somit ist eine kurze Baulänge und ein geringer Energieaufwand des Elektromagneten 10 möglich.

Alternativ zu der aus Fig. 2 ersichtlichen Variante mit drei kreisförmigen Steueröffnungen 32, 34, 35 lassen sich große Steueröffnungsflächen auch durch einen entsprechend brei-

ten Schlitz oder eine Steueröffnung entsprechend großen Durchmessers oder auch durch mehrere am Umfang des Ventilgehäuses 22 verteilte Schlitz- oder Bohrungen mit geeigneten Geometrien (z. B. Dreieckform) realisieren.

Die in Rede stehende Kraftstoffzumeßeinheit ist für verschiedene Fahrzeugtypen (PKW, NKW, Sonderfahrzeuge, Schiffe etc.), sofern diese mit Brennkraftmaschinen betrieben werden, gleichermaßen anwendbar. Die erforderliche Anpassung läßt sich in einfacher Weise über die Auslegung der Öffnungsflächen der Ventilsteueröffnungen (z. B. 32, 34, 35 in Fig. 2) bewerkstelligen.

Wie bereits erwähnt und aus Fig. 1 ersichtlich, ist das Regelventil 11 in dem Gehäuse 15, 33 des Elektromagneten 10 integriert, und die komplette Kraftstoffzumeßeinrichtung 10, 11 ist direkt in die Hochdruckpumpe eingeschraubt. Dadurch ist ein optimal kleiner Bauraum und eine kostengünstige Fertigung garantiert. Das dadurch erreichbare minimale Totvolumen sorgt für exakte Zumessung der jeweils benötigten Kraftstoffmenge und schnelle Reaktionszeiten auf wechselnden Mengenbedarf der Hochdruckpumpe bzw. der Brennkraftmaschine.

Aus den vorangehenden Ausführungen wird bereits deutlich, daß für das Ventil einer Kraftstoffzumeßeinrichtung exakte Regelbarkeit wichtig ist. Diese Forderung wird vorliegend durch die nachstehend angegebenen Maßnahmen erreicht. Zunächst erweist es sich hierfür als sehr zweckmäßig, die Kennlinie des Elektromagneten 10 gegenläufig zur Kennlinie der Druckfeder 27 auszuliegen. Fig. 5 zeigt vier parallele Magnetkennlinien 41 bis 44 mit verschiedenen Magnetströmen als Parameter. Die (gestrichelt dargestellte) Federkennlinie ist mit 45 beziffert. Regelpunkte ergeben sich jeweils an den Schnittstellen der Federkennlinie 45 mit den Magnetkennlinien 41 bis 44. Erreicht wird diese Kennlinienzuordnung durch eine spezielle Magnetkerngeometrie sowie optimierte Materialdicken am Magnetanker 13 und am Magnetgehäuse 15. Eine große Federsteifigkeit (hoher c-Wert der Druckfeder 27) ist von Vorteil. Dadurch werden entsprechend steile Übergänge zwischen der Magnetkennlinie (41 bzw. 42 bzw. 43 bzw. 44) und der Federkennlinie 45 erreicht. Dies führt zu stabilen Regelpunkten.

Eine optimierte Auslegung der elektrischen Kennwerte (Induktivität, Drahtstärke, Wicklungszahl der Magnetspule 12) sowie des Magnetkreises erlauben eine einwandfreie Funktion der Kraftstoffzumeßeinheit auch bei minimalen Batteriespannungen.

Die Ansteuerung des Elektromagneten 10 erfolgt pulsweitenmoduliert. Eine optimierte Ansteuerfrequenz ergibt Bewegungsrippel des Magnetankers 13 und somit des Ventilkolbens 25. Diese Maßnahmen führen zu verringerter Reibhysterese und guter Dynamik der Kraftstoffzumeßeinheit.

Vor Inbetriebnahme der Kraftstoffzumeßeinheit 10, 11 bedarf es einer Einstellung des Regelventils 11. Diese erfolgt durch entsprechende axiale Verschiebung des Federtellers 29 in der Ventilbohrung 24 und anschließende Fixierung desselben. Im einzelnen wird der Einstellvorgang wie folgt vorgenommen. Zunächst wird der Elektromagnet 10 mit einem definierten Strom beaufschlagt.

Anschließend wird der Federteller 29 in die Ventilbohrung 24 so weit eingeschoben, bis sich aus der Steueröffnung (z. B. 32, Fig. 1) ein definierter Volumenstrom ergibt. In dieser Stellung wird der Federteller 29 fixiert, z. B. indem der Federteller 29 als Einpreßteil ausgebildet ist oder das Ventilgehäuse 22 von außen plastisch verformt wird. Sinnvollerweise wird dieser Ventil-Einstellpunkt in den Bereich minimaler Kraftstoff-Durchflußmengen gelegt, da hierdurch der toleranzempfindliche Leerlaufbereich exakt realisierbar ist.

Zur Optimierung der Magnetkraft ist die Magnetspule 12 mit einer Stufe 46 ausgelegt worden. Dadurch kann der innere Bauraum des Elektromagneten 10 optimal genutzt werden. Der Arbeitsluftspalt des Elektromagneten 10 wurde aus Gründen der Magnetkraftoptimierung in die Mitte der Spule 12 gelegt. Durch die berührungsfreie Führung der Druckfeder 37 im Inneren des Ventilkolbens 25 können die Feder- und Magnethysteresen auf minimalem Niveau gehalten werden, so daß eine exakte Kraftstoffzumessung gewährleistet ist.

Das gesamte Regelventil 11 sowie der Elektromagnet 10 sind kraftstoffgeflutet. Das Regelventil 11 ist somit hydraulisch ausgeglichen. Störeinflüsse wirken sich nicht auf die Zumessung aus. Der geflutete Elektromagnet 10 wirkt als hydraulisches Polster, das sowohl Störeinflüssen wie auch einem Reibverschleiß entgegenwirkt.

Im Schubbetrieb des Fahrzeugs muß verhindert werden, daß etwaige Leckagen des Regelventils 11 zu Einspritzungen der Hochdruckpumpe und somit zu einer Drucksteigerung im Verteilerrohr (Rail) des Kraftstoffeinspritzsystems führen. Die Kraftstoffzumeßeinheit 10, 11 muß also die an eine derartige Nullförderungssituation der Brennkraftmaschine gestellten hohen Anforderungen erfüllen. Die hierzu getroffenen Maßnahmen, bei denen es sich um eine sogenannte "Nullförderungsentlastung" handelt, gehen aus Fig. 6, 7 und 8 hervor. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind dort die der Ausführungsform nach Fig. 1 baulich und funktionell entsprechenden Bauteile mit denselben Bezugszeichen wie in Fig. 1 beziffert.

Bei gewünschter Nullförderung (Elektromagnet 10 bestromt) wird über den Ventilkolben 25 eine weitere radiale Bohrung 47 im Ventilgehäuse 22 geöffnet. Diese Öffnungsstellung des Ventilkolbens 25 – bewirkt durch den Ankerbolzen 14 entgegen dem Widerstand der Druckfeder 27 – ist insbesondere aus Fig. 7 ersichtlich. In dieser Ventilkolbenstellung ist die Steueröffnung 32 über eine Ausdrehung 48 am zylindrischen Umfang des Ventilkolbens 25 mit der Radialbohrung 47 hydraulisch verbunden. Gleichzeitig ist die hydraulische Verbindung der Steueröffnung 32 mit der Druckseite der Vorförderpumpe (Eingang 31 des Regelventils 11) unterbrochen. Die Radialbohrung 47 kann – durch einen Kanal 49 – z. B. mit der Saugseite der Vorförderpumpe verbunden sein. Durch die besagte, aus Fig. 6 und 7 ersichtliche Stellung des Ventilkolbens 25 ergibt sich somit eine hydraulische Verbindung zwischen der Steueröffnung 32 und einem von dort zur Hochdruckpumpe führenden Kanal 50 mit der Saugseite der Vorförderpumpe. Ein (unerwünschter) Druckaufbau vor den Pumpenelementen der Hochdruckpumpe und eine daraus folgende (unerwünschte) Kraftstoffeinspritzung in die Brennkammern der im Schubbetrieb befindlichen Brennkraftmaschine wird dadurch vorteilhaft vermieden.

Alternativ oder zusätzlich zu den aus Fig. 6 und 7 ersichtlichen und im vorstehenden beschriebenen konstruktiven Merkmalen kann eine Nullförderung auch durch die aus Fig. 8 hervorgehenden Maßnahmen erreicht werden. Zu diesem Zweck ist der ventillseitige Rand des Federtellers 29 als axialer Dichtsitz 51 konzipiert, der mit der federtellerseitigen Stirnfläche 52 des Ventilkolbens 25 dichtend zusammenwirkt. Der ringförmige Dichtsitz 51 kann z. B. als Elastomerflachdichtsitz oder als Stahlkegelsitz ausgebildet sein.

#### Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzsystem für Brennkraftmaschinen mit einem Verteilerrohr und einer motordrehzahlabhängig angetriebenen Hochdruckpumpe, die zur Erzeugung

des beim jeweiligen Betriebszustand der Brennkraftmaschine im Verteilerrohr benötigten Kraftstoffdrucks und -durchsatzes dient, sowie ferner mit einer der Hochdruckpumpe zugeordneten Kraftstoffzumeßeinheit, die auf einem elektromagnetisch betätigten Regelventil basiert, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kraftstoffzumeßeinheit (10, 11) in der Hochdruckpumpe angeordnet ist und der Ausgang (32, 34, 35) des Regelventils (11) in den Niederdruckbereich der Hochdruckpumpe mündet.

2. Kraftstoffeinspritzsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Eingang (31) des Regelventils (11) mit der Druckseite einer Vorförderpumpe verbunden ist.

3. Kraftstoffeinspritzsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Regelventil (11) einen – in Öffnungsstellung – druckfederbeaufschlagten (27) Ventilkolben (25) aufweist, der durch einen Ankerbolzen (14) des Elektromagneten (10) entgegen der Federkraft – in Schließstellung – betätigbar ist.

4. Kraftstoffeinspritzsystem nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Regelventil (11) sich axial an das Gehäuse (15) des Elektromagneten (10) anschließt und ein Ventilgehäuse (22) aufweist, an dessen Stirnseite eine axiale Öffnung (31) angeordnet ist, die mit der Druckseite der Vorförderpumpe in Wirkverbindung steht.

5. Kraftstoffeinspritzsystem nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß in der Wandung des Ventilgehäuses (22) mindestens eine, vorzugsweise mehrere radiale Steueröffnungen (32, 34, 35) angeordnet sind, die mit der Saugseite der Hochdruckpumpe in Wirkverbindung stehen.

6. Kraftstoffeinspritzsystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Steueröffnungen (32, 34, 35) so geformt und/oder angeordnet sind, daß sich in Abhängigkeit vom Ventilkolbenhub mindestens zwei Steuerbereiche ergeben (Fig. 2 bis 4).

7. Kraftstoffeinspritzsystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß zu Beginn des Ventilkolbenhubes ein dem Leerlauf und der unteren Teillast der Brennkraftmaschine zugeordneter erster Steuerbereich (Bereich 1) und bei weiterem Ventilkolbenhub ein der Teillast und der Vollast der Brennkraftmaschine entsprechender zweiter Steuerbereich (Bereich 2) der Steueröffnungen (32, 34, 35) vorgesehen ist.

8. Kraftstoffeinspritzsystem nach Anspruch 6 oder 7, gekennzeichnet durch eine derartige Konzeption der Steueröffnungen (32, 34, 35), daß die Öffnungsflächen der Steueröffnungen, aufgetragen über dem Ventilkolbenhub, im ersten Steuerbereich (Bereich 1) eine flache Kennlinie (37) mit geringem Steigungswinkel und im zweiten Steuerbereich (Bereich 2) eine steife Kennlinie (38 bzw. 39 bzw. 40) mit großem Steigungswinkel aufweist (Fig. 4).

9. Kraftstoffeinspritzsystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Kennlinie (41 bis 44) des Elektromagneten (10) gegenläufig zur Kennlinie (45) der den Ventilkolben (25) beaufschlagten Druckfeder (27) ausgelegt ist (Fig. 5).

10. Kraftstoffeinspritzsystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromagnet (10) durch einen im Verteilerrohr (Rail) angeordneten Kraftstoff-Druck-Sensor pulsbreitenmoduliert ansteuerbar ist.

11. Kraftstoffeinspritzsystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet,

daß der Ventilkolben (25) hülsenförmig ausgebildet ist und in seinem Innenraum (26) die ihn in Öffnungsstellung beaufschlagende Druckfeder (27) aufnimmt und daß die Druckfeder (27) sich rückseitig an einem in der Ventilbohrung (24) des Ventilgehäuses (22) angeordneten Federteller (29) abstützt. 5

12. Kraftstoffeinspritzsystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Regelventil (11) durch entsprechende axiale Verschiebung und anschließende Fixierung des Federtellers (29) in der Ventilbohrung (24) einstellbar ist. 10

13. Kraftstoffeinspritzsystem nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die gesamte Kraftstoffzumeßeinrichtung (10, 11) unmittelbar in die Hochdruckpumpe integriert, vorzugsweise eingeschraubt ist und daß sowohl Regelventil (11) wie auch Elektromagnet (10) kraftstoffgeflutet sind. 15

14. Kraftstoffeinspritzsystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die in einem topfförmigen Magnetgehäuse (15) eingesetzte Spule (12) des Elektromagneten (10) mit einem Kunststoffmantel (17) vollständig umspritzt ist. 20

15. Kraftstoffeinspritzsystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilkolben (25) an seiner zylindrischen Umfangsfläche eine Ausdrehung (48) besitzt und im Ventilgehäuse (22) eine mit der Saugseite der Vorförderpumpe verbundene Radialbohrung (47) angeordnet ist, derart, daß in Schließstellung des Ventilkolbens (25) die radialen Steueröffnungen (32) durch die Ventilkolben-Ausdrehung (48) mit der radialen Bohrung (47) im Ventilgehäuse (22) hydraulisch verbunden sind (Fig. 6 und 7). 25 30

16. Kraftstoffeinspritzsystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß an dem dem Ventilkolben (25) zugewandten Rand des Federtellers (29) ein axialer Dichtsitz (51) ausgebildet ist, der in Schließstellung des Ventilkolbens (25) mit dessen dem Federteller (29) zugewandten Rand (52) dichtend zusammenwirkt (Fig. 8). 35 40

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

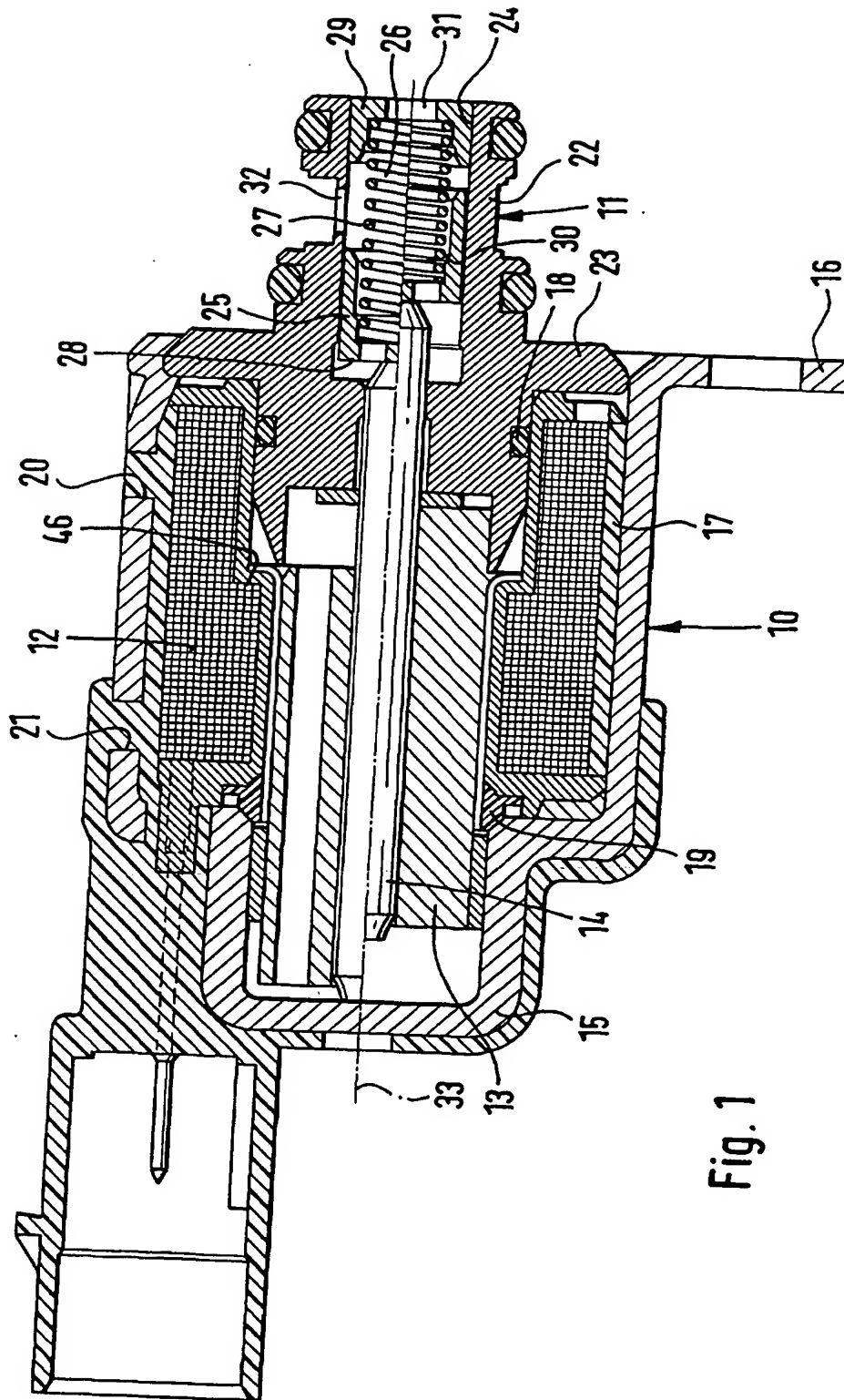
45

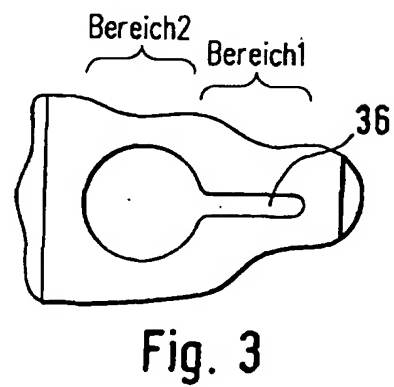
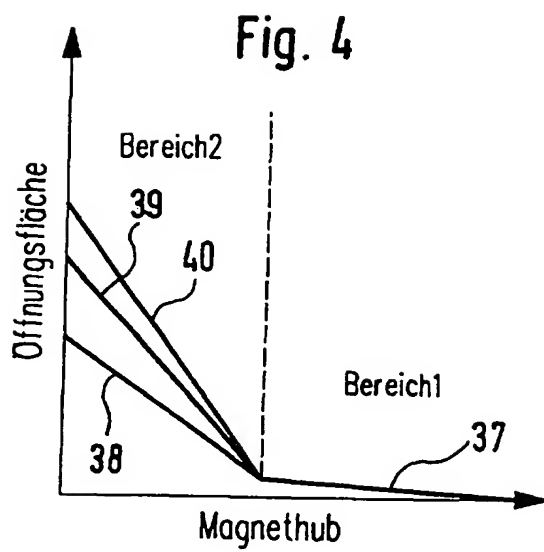
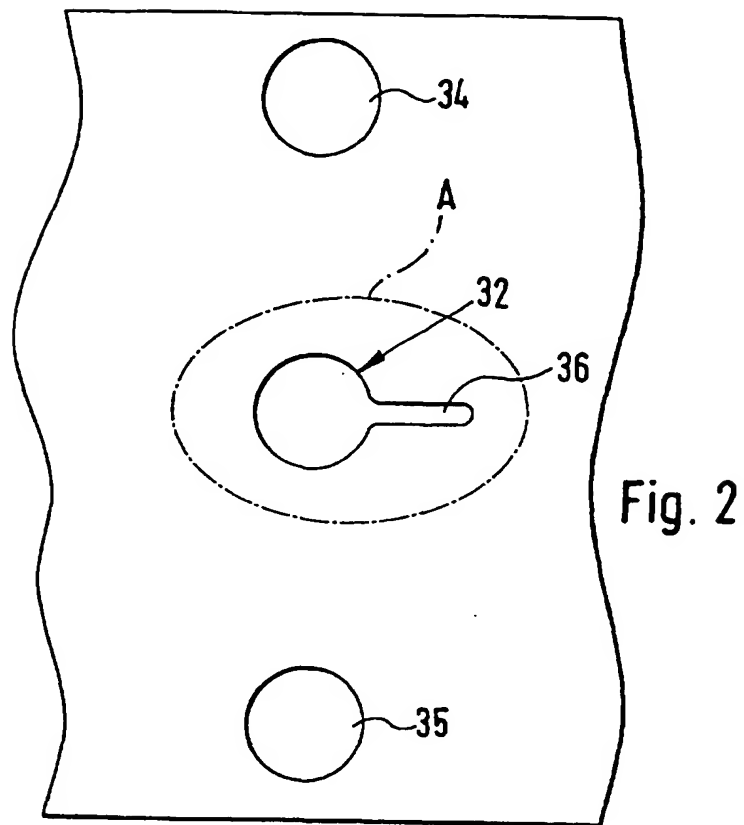
50

55

60

65





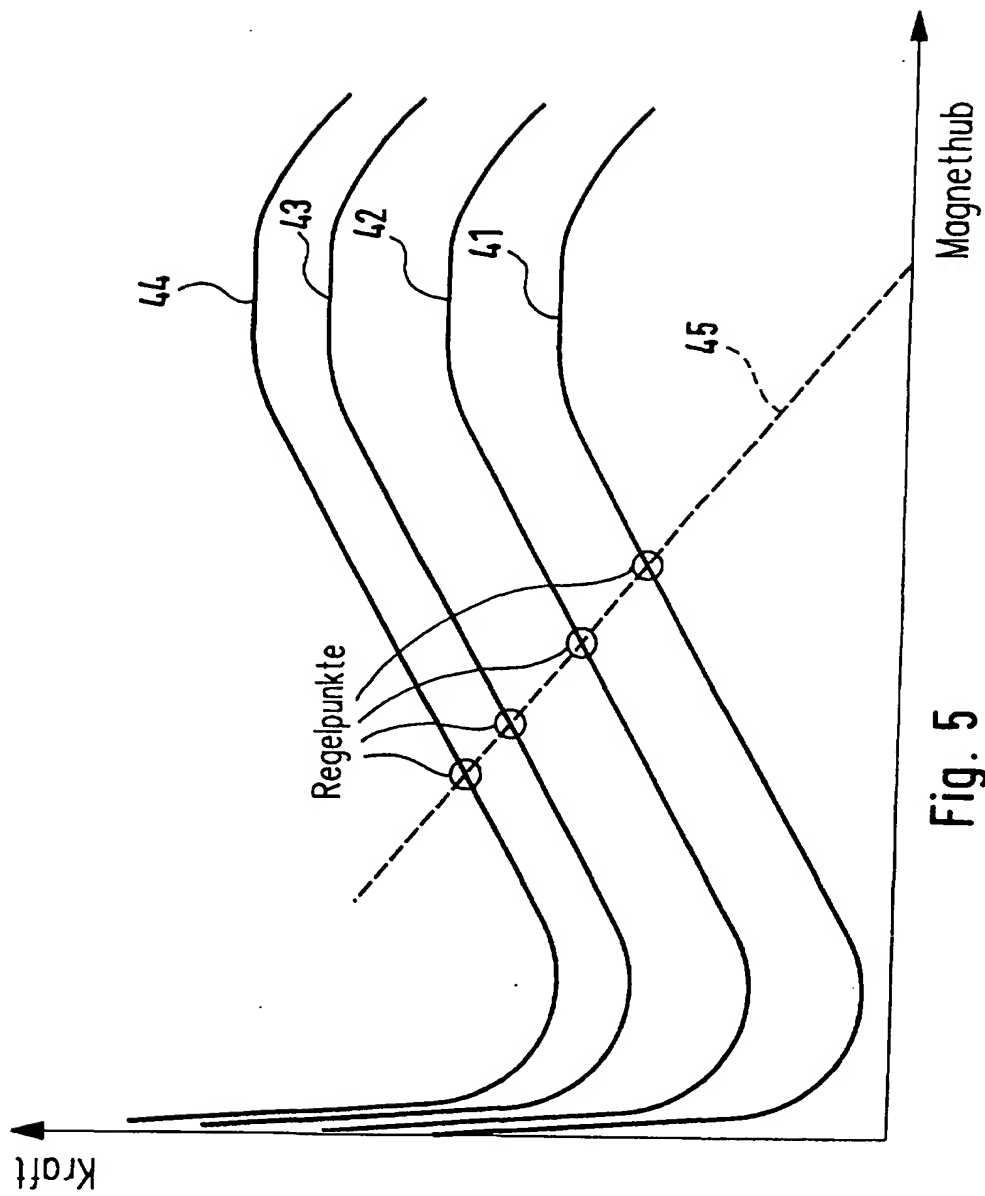
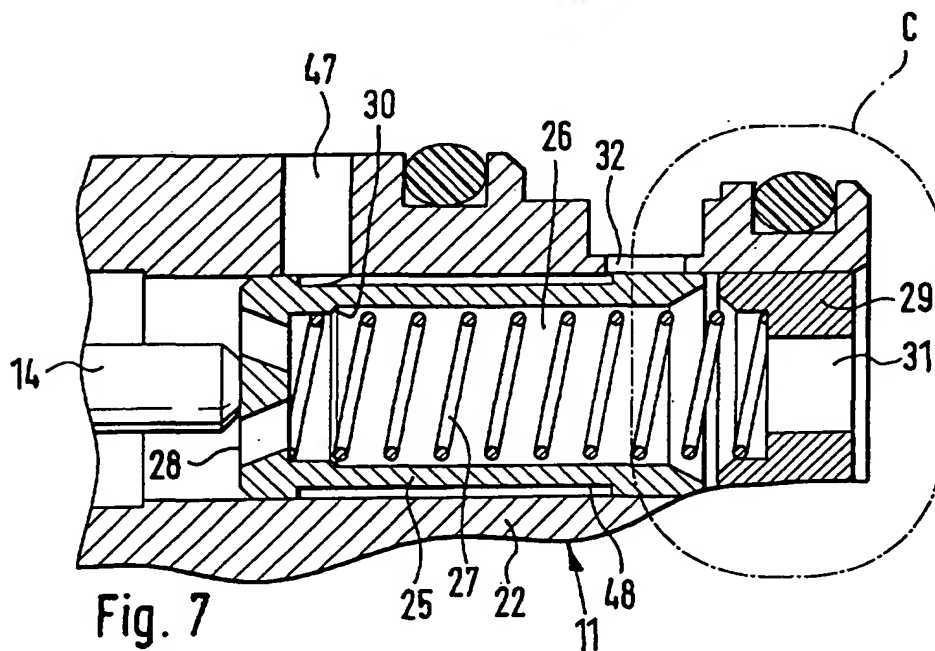
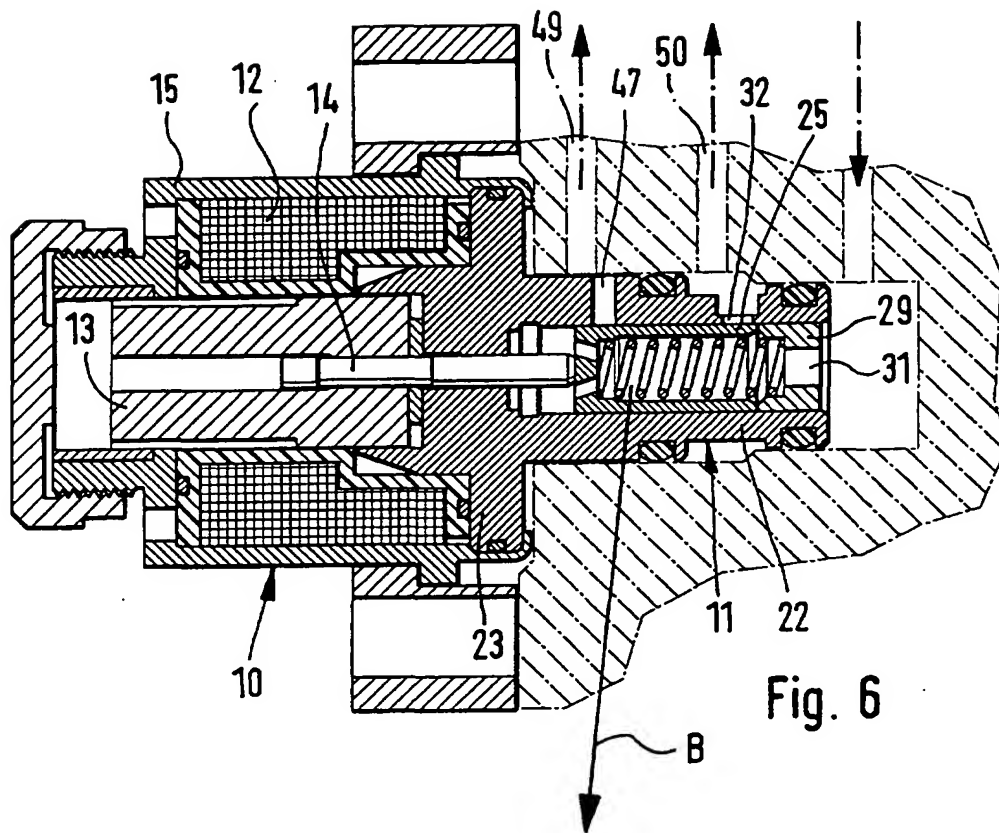


Fig. 5





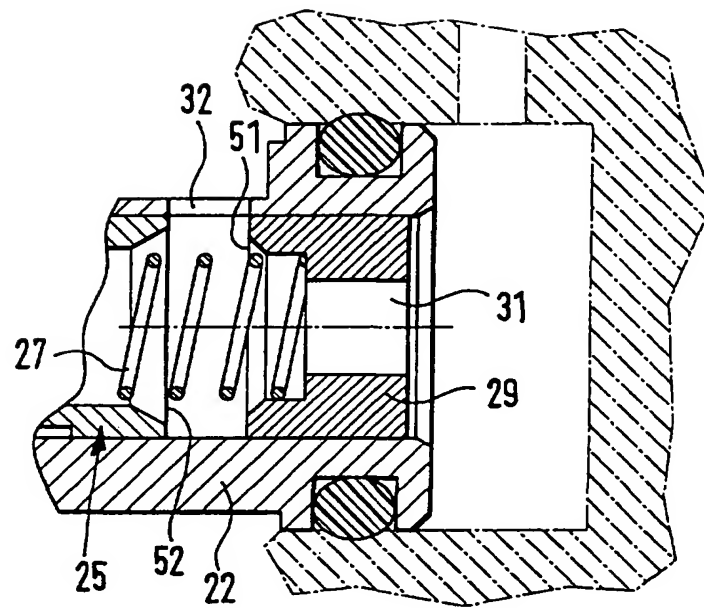


Fig. 8